

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

**PLANO DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E RECUPERAÇÃO  
DE SOLVENTE RAFINADO EM UMA INDÚSTRIA DE  
TROCADORES DE CALOR DO VALE DO TAQUARI**

Bruna Kellin Heineck

Lajeado, novembro de 2014

Bruna Kellin Heineck

**PLANO DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E RECUPERAÇÃO  
DE SOLVENTE RAFINADO EM UMA INDÚSTRIA DE  
TROCADORES DE CALOR DO VALE DO TAQUARI**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Química Industrial, do Centro Universitário Univates, para obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Lucélia Hoehne

Lajeado, novembro de 2014

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus queridos Pais, pelo amor e ensinamentos.

Ao Júnior, pelo carinho, paciência e por sua capacidade de me trazer paz na correria de cada semestre.

Aos meus queridos avós, Lúcia e Alito, que dedicam a mim um amor incondicional.

À Empresa Serraff por ter proporcionado o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constantes.

À orientadora, professora Lucélia, por dedicar seu tempo e ensinamentos.

E a minha pequena Lucy, pela alegria, companheirismo e lealdade.

“Existe no silêncio tão profunda sabedoria  
que às vezes ele transforma-se na mais  
perfeita resposta”.

(Fernando Pessoa)

## RESUMO

A prática de gestão de resíduos é uma ferramenta que permite a redução de impactos ambientais, consciência na utilização dos materiais e destino correto aos resíduos gerados pela indústria. O plano foi desenvolver uma proposta de gestão dos resíduos sólidos e verificar a capacidade de recuperação do solvente refinado  $C_6C_8$  residual em uma indústria de trocadores de calor, bem como comprovar a eficácia deste solvente quando aplicado no processo produtivo. As duas práticas direcionam a empresa para uma política de preocupação com o meio ambiente, permitindo assim visar à futura implantação de um sistema de gestão ambiental. Foi possível elaborar um planejamento para os resíduos sólidos da empresa, contemplando o reconhecimento dos resíduos gerados, a realização da coleta seletiva e a destinação final adequada. A recuperação do solvente refinado  $C_6C_8$  também foi possível, atingindo-se uma recuperação de até 94,70% do solvente a partir da destilação. Os resultados satisfatórios vão ao encontro da difusão da consciência ambiental, redução de custos e recuperação do solvente residual.

**Palavras-chave:** Gestão de resíduos. Solvente refinado  $C_6C_8$ . Recuperação do solvente.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma das principais etapas para gerenciamento de resíduos sólidos de uma Indústria de Trocadores de Calor do Vale do Taquari .....	29
Figura 2 - Fluxograma do processo de recuperação do solvente refinado $C_6C_8$ por destilação simples. ....	32
Figura 3 - Fluxograma do processo de recuperação do solvente refinado $C_6C_8$ por destilação fracionada. ....	33
Figura 4 - Destilação Simples aplicada ao solvente residual refinado $C_6C_8$ .....	36
Figura 5 - Destilação Fracionada aplicada ao solvente residual refinado $C_6C_8$ .....	37
Figura 6 - Filtragem do solvente residual .....	37
Figura 7 - Filtro sujo decorrente do processo de filtração do solvente refinado $C_6C_8$ residual.....	38
Figura 8 - Curvas engorduradas do processo de moldagem do cobre para obtenção das curvas .....	40
Figura 9 - Curvas limpas com solvente recuperado pelo método de destilação fracionada.....	40
Figura 10 - Curvas limpas com solvente recuperado pelo método de destilação simples .....	41
Figura 11 - Curvas limpas com solvente refinado $C_6C_8$ comercial .....	41
Figura 12 - Solvente comercial (D) e solvente destilado (E) .....	42
Figura 13 - Divulgação da Campanha Coleta Seletiva em murais .....	46
Figura 14 - Coletores seletivos específicos para refeitório .....	46

Figura 15 - Coletor para pilhas e baterias .....	47
Figura 16 - Coletores seletivos coloridos .....	47

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Número de curvas limpas em 20 litros de solvente (comercial, recuperado por destilação fracionada e recuperado por destilação simples)..... 39



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Resumos dos resultados das destilações fracionada e simples .....	36
--	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.1 Objetivo geral .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Justificativa.....</b>	<b>12</b>
 <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	 <b>13</b>
<b>2.1 Poluição Ambiental .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Gestão de Resíduos .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Coleta Seletiva .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Disposição do resíduo .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4.1 Reciclagem .....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Legislação resíduos industriais .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5.1 Lei 12.305/10 .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5.2 Lei Nº 9.921, de 27 de julho de 1993 .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.3 Norma NBR 10004/2004 .....</b>	<b>21</b>
<b>2.6 Solvente refinado C<sub>6</sub>C<sub>8</sub> .....</b>	<b>22</b>
<b>2.7 Destilação .....</b>	<b>23</b>
<b>2.7.1 Destilação Simples e Fracionada.....</b>	<b>24</b>
<b>2.8 ISO 14001 .....</b>	<b>25</b>
<b>2.9 Programa 5S .....</b>	<b>26</b>
<b>2.10 A Indústria de Trocadores de Calor do Vale do Taquari.....</b>	<b>26</b>
<b>2.10.1 Produção de Curvas e Conectores .....</b>	<b>27</b>
 <b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	 <b>28</b>
<b>3.1 Resíduos sólidos .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.1 Classificação dos resíduos sólidos .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.2 Coleta Seletiva .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1.3 Logística Reversa.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1.4 Seleção de Central de Resíduos e Transportadora.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1.5 Recicladores .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.6 Descarte de resíduos sólidos .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2 Recuperação do Solvente refinado C<sub>6</sub>C<sub>8</sub>.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2.1 Processo de Recuperação do solvente.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3 Avaliação do solvente destilado .....</b>	<b>33</b>

<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Recuperação do Solvente.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Análise financeira de recuperação do solvente .....</b>	<b>42</b>
<b>5 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....</b>	<b>44</b>
<b>5.1 Reconhecimento .....</b>	<b>44</b>
<b>5.2 Campanha coleta seletiva.....</b>	<b>45</b>
<b>5.3 Central de resíduos .....</b>	<b>48</b>
<b>5.4 Destinação .....</b>	<b>48</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Todas as atividades humanas geram resíduos. Por muitos anos, o lixo gerado pelas indústrias e população era considerado apenas um descarte de não reutilizáveis. Com o aumento considerável da população e indústrias, a consequência foi o aumento dos resíduos gerados e a disposição inadequada, resultando em problemas ambientais e também econômicos.

O avanço da tecnologia e a crescente preocupação com os recursos naturais são caminhos contrários que precisam estar alinhados na nova relação empresa e meio ambiente. A tecnologia precisa incorporar aos seus objetivos propostas de soluções e benefícios na utilização de seus produtos e não mais apenas atender a crescente massa consumista da sociedade.

As empresas engajadas no controle do desperdício e na redução de custos nos processos produtivos vêm ao encontro das leis de gerenciamento dos resíduos, com o intuito de melhorar seus interesses econômicos.

Para atender as necessidades básicas de uma sociedade, o planejamento da disposição final dos resíduos passou a ser um meio para proteção ao meio ambiente e à saúde pública. As medidas passaram a ser exigidas por lei.

Com a finalidade de melhorar custos, diminuir desperdícios, aumentar o consumo consciente, atender as legislações vigentes e preparar a empresa para implantação de um sistema de gestão ambiental, o presente trabalho tem como objetivo a promoção da viabilidade de execução de uma gestão de resíduos e recuperação de um solvente residual.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Elaborar uma proposta de uma gestão de resíduos sólidos e a recuperação do solvente refinado  $C_6C_8$ , utilizado em uma indústria de trocadores de calor do Vale do Taquari.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- a) Desenvolver uma proposta de gestão de resíduos sólidos;
- b) Verificar possibilidade de recuperação do solvente residual;
- c) Reduzir os custos mensais com a compra do solvente;
- d) Desenvolver uma gestão de resíduos visando futura implantação de um sistema de gestão ambiental;
- e) Medir a eficácia do solvente refinado  $C_6C_8$  recuperado.

## **1.2 Justificativa**

A ótica ambiental exige melhora do relacionamento com o meio ambiente. Para tanto, há a necessidade de formalizar procedimentos que instruem o monitoramento e incentivo à melhoria contínua na redução de resíduos e poluição dos recursos naturais, caminhando assim para uma certificação ambiental.

As implantação de infraestrutura para acomodar de forma correta os resíduos e a prática de recuperação e reutilização demonstram o interesse pela qualidade ambiental.

O presente trabalho tem por objetivo propor um gerenciamento de resíduos sólidos e um método para recuperação do solvente refinado  $C_6C_8$ , visando à implantação de um sistema de gestão ambiental reconhecido mundialmente.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Poluição Ambiental**

A poluição ambiental aponta os caminhos que a sociedade moderna vem seguindo: de melhoria na qualidade de vida e do crescente aumento da população, resultando no aumento excessivo de consumo dos recursos naturais (LANA, 2009).

Acidentes ambientais de grande impacto, como nuclear, desmatamento de florestas inteiras, massacre de animais silvestres, descarte de lixo por todos os ambientes, solos, oceanos, ar, não eram considerados de risco ao meio ambiente até terríveis desastres ambientais devastarem cidades inteiras, alertando a sociedade dos limites da sobre-exploração (LEIPNITZ; SCHULTZ, 2004).

“Poluição é toda alteração das propriedades naturais do meio ambiente que seja prejudicial à saúde, à segurança ou ao bem-estar da população sujeita aos seus efeitos, causada por agente de qualquer espécie” (MANO; PACHECO; BONELLI, 2012, p. 41).

Desequilíbrios e perturbações naturais resultantes de ações ou omissões do homem são cada vez mais frequentes, sendo seus efeitos nocivos e poluidores. Os poluidores podem ser pessoas físicas ou jurídicas, responsáveis direta ou indiretamente pela degradação ambiental (VALLE, 2000).

Na década de 80, os países da Europa iniciaram as práticas de conscientização ambiental e os primeiros movimentos ecológicos (LEIPNITZ; SCHULTZ, 2004).

A consciência ambiental surgiu de forma gradativa e espontânea nos países mais avançados, atingindo todos que estavam preocupados com iniciativas que solucionassem a preocupante alteração que o homem causava ao meio ambiente (MANO; PACHECO; BONELLI, 2012).

Muito do resíduo gerado em uma indústria é resultante da ineficiência de um processo ou de etapas do processo produtivo, ocorrendo perdas de matéria prima ou insumo (VALLE, 2000).

Entre as décadas de 70 a 90, a consciência ambiental das indústrias começou a prosperar, permitindo que deixassem o passado extremamente poluidor para sensibilizar e assumir uma responsabilidade ambiental (LAYRARGUES, 2000).

## **2.2 Gestão de Resíduos**

As práticas ambientais vêm ganhando espaço nas empresas, pois os padrões de consumo e produção estão se tornando pouco sustentáveis. Para não corroborar com o consumo excessivo de matérias primas e seguir a tendência mundial, o caminho para as indústrias tem sido a implantação de sistemas de gestão ambiental (FONSECA; MARTINS, 2010).

O meio ambiente entrou na agenda de muitos governos a partir do século XX, assim como recentemente nas gestões das indústrias. A preocupação com práticas saudáveis em relação ao meio ambiente é crescente, com ações de gerenciamento deste tema bastante controverso (BARBIERI, 2007).

As empresas que têm um sistema de gerenciamento de resíduos eficiente conseguem perceber as vantagens socioeconômicas que a prática da Política Nacional de Resíduos Sólidos gera, melhorando a imagem, as aprovações legais e o financeiro (PAÍS, 2014).

Todos os problemas ambientais, de qualquer grandeza, quando administrados, fazem parte de uma gestão ambiental. E, esta preocupação do homem com o meio ambiente só acontece quando as necessidades humanas não são mais atendidas com a mesma eficiência. A defesa do meio ambiente

normalmente começa quando este se torna um problema aos homens (BARBIERI, 2007).

Implantar no dia a dia de uma indústria a cultura ambiental requer a participação de todos os níveis da hierarquia. A comunicação e a educação ambiental devem ser eficazes para mobilizar e conscientizar a todos os integrantes que esta é uma atitude que interfere diretamente no progresso da instituição (VALLE, 2000).

A política de gestão de resíduos sólidos deve ser consequência da consciência ambiental, concomitante à determinação de uma nova qualificação para o termo lixo que passa a ser considerado resíduo sólido. Apesar de este resíduo sólido ser um grave problema ambiental, ele passa a ter valor agregado, diferentemente do lixo, e permite o reaproveitamento. A prospecção do termo resíduo sólido iniciou no final da década de 60 até os anos 90, quando a prática da sustentabilidade começa a surgir e dar suporte para a política da gestão de resíduos (DEMAJOROVIC, 1995).

A escassez de algumas matérias-primas, a racionalização de energia e a preocupação com as matérias-primas não renováveis, propiciaram (nos anos 90) o início da consciência ambiental; e, a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro em 1992, iniciou-se a busca por alternativas sustentáveis, com apoio para desenvolver tecnologias limpas e pesquisas por fontes de energia renováveis (RODRIGUES; GRAVINA, 2003).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos tem como objetivo o manejo dos resíduos sólidos no país. A média *per capita* da geração destes resíduos no Brasil é conhecida a partir da quantidade de resíduo coletado em uma cidade, dividido pela sua população. O resíduo é um indicador socioeconômico, ou seja, a partir dele pode-se avaliar o padrão de vida, hábitos e cultura de uma população (CAMPOS, 2012).

A classificação do resíduo sólido é essencial para sua destinação correta. A classificação é compreendida pela origem, composição química, presença de umidade ou pela toxicidade do resíduo. Os resíduos industriais são todos aqueles



gerados no processo produtivo ou relacionados ao processo; ou seja, todo resíduo gerado em uma instalação industrial é considerado resíduo industrial por sua origem. Já a classificação química é determinada pela natureza do material: ou será um resíduo orgânico, que compreende os mais diversos materiais, como papel, embalagens, borrachas, luvas, restos alimentares, entre outros, ou será inorgânico, composto por vidros, cerâmicas, pedras, metais e areia (PEREIRA et al., 2012).

Os resíduos sólidos também são selecionados pela sua quantidade ou presença de umidade, sendo separados em secos ou úmidos. Há também a classificação dos resíduos quanto a sua toxicidade, subdivididos em: resíduos classe I, que correspondem aos resíduos perigosos; e classe II, dos não perigosos. O grau de toxicidade, outra forma de classificar um resíduo, está relacionado com a natureza destes resíduos e às substâncias prejudiciais para a natureza (e para o homem) que elas podem conter (PEREIRA et al., 2012).

A periculosidade de um resíduo está vinculada a suas propriedades químicas, físicas e infectocontagiosas (quando apresentam mortalidade, incidência de doenças, riscos ao meio ambiente por uso inadequado e quando letais). A partir de critérios elaborados pela ABNT, os resíduos podem ser classificados em classe I – perigosos, classe II – não inertes e classe III – inertes. E os resíduos radioativos não fazem parte desta classificação (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Fazem parte dos resíduos inertes todos aqueles que em contato com a água não sofrem solubilização, ou seja, vidros, borrachas, plásticos, tijolos e rochas que não são facilmente decompostos. Já os resíduos classe II são todos que não se enquadram como perigosos ou inertes, ou seja, apresentam um grau de solubilidade em água, biodegradabilidade ou combustibilidade (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Todo resíduo considerado de risco é prejudicial ao meio ambiente quando não manejado de forma correta. O perigo destes materiais está na composição química, física e até mesmo em propriedades infectocontagiosas (MARCHESE, 2013).

## **2.3 Coleta Seletiva**

A coleta seletiva apresenta um potencial de reciclagem do resíduo, sendo este criado pelos geradores desse resíduo, ou seja, o material residual é depositado em local especificado, de acordo com a classificação (BARTHOLOMEU; CAIXETA-FILHO, 2011). Conhecer os resíduos, ter a medição do volume gerado e, principalmente, dentro do espaço, geradores de resíduos responsáveis, que de fato descartem seus resíduos de forma adequada. Os controles são muito importantes na implementação (PEREIRA et al., 2012).

A coleta seletiva permite um ganho ambiental. Ao adotar a prática, separa-se o resíduo sólido de acordo com a classificação (RODRIGUES; SANTANA, 2012). Implementar a coleta seletiva é contribuir de forma direta com o processo de reciclagem, permitindo recuperar de forma mais eficaz diferentes materiais por usinas de triagem, sucateiros, beneficiadores, recicladores e/ou cooperativas (MANO; PACHECO; BONELLI, 2012).

O sistema de coleta seletiva possibilita a reciclagem de materiais, diminui a exploração de matéria-prima, assim como a poluição dos solos, água e ar. Também diminui os custos no processo produtivo, pois permite a reutilização na indústria, resultando em redução de desperdício e, ao final, permite renda aos recicladores (DIAS; GABRIEL FILHO; GUIMARÃES, 2014).

Alguns materiais recuperados consomem uma parcela muito inferior de energia em comparação à produção desta matéria-prima (de forma primária); então, recuperar materiais tem também um estímulo muito valioso que é a economia de energia (VALLE, 2000).

## **2.4 Disposição do resíduo**

A destinação dos resíduos sólidos empresariais e urbanos deve ser racional, onde primeiramente a disposição deve estar vinculada a medidas de proteção ao meio ambiente, bem como com a saúde do homem (BIDONE, 1999).

Locais adequados para o descarte correto e gerenciamento da destinação são ações que envolvem planejamento, orçamento e diversas ações operacionais para garantir segurança ambiental (MANO; PACHECO; BONELLI, 2012).

Resíduos industriais são de encargo da própria empresa geradora que estão suscetíveis a todos regulamentos pertinentes (BARTHOLOMEU, 2011).

Reaproveitar os rejeitos ou recuperá-los é uma alternativa que contribui com a economia de energia, redução nos impactos ambientais e permite a destinação racional dos resíduos (BARTHOLOMEU, 2011).

Países menos desenvolvidos, como o Brasil, têm versatilidade na destinação dos resíduos sólidos. Eles podem ser destinados para aterro (vazadouro, sanitário ou controlado), à compostagem ou incineração (MANO; PACHECO; BONELLI, 2012).

Caracterizar todos os resíduos resultantes do processo produtivo é a escolha mais importante para solucionar a decisão do destino dos mesmos (VALLE, 2000).

#### **2.4.1 Reciclagem**

A reutilização ou reciclagem permite renda e, primeiramente, dispor de forma adequada, evitando contaminações com os resíduos gerados pelas indústrias e sociedade (BARTHOLOMEU, 2011).

O conceito reciclagem é um termo divergente entre especialistas da área ambiental, variando conforme especialização, entretanto, em muitas aplicações há semelhança nas definições dos autores, sendo recuperar e reutilizar as palavras mais utilizadas na definição genérica (LEIPNITZ; SCHULTZ, 2004).

Reciclagem, segundo Duston (DUSTON, 1993, p. 136), é um processo através do qual qualquer produto ou material que tenha servido para o propósito a que se destinava e que tenha sido separado do lixo é reintroduzido no processo produtivo e transformado em um novo produto, seja igual ou semelhante ao anterior, seja assumindo características diversas das iniciais (CALDERONI, 2003, p. 52).

A reciclagem é mais que uma coleta de materiais recicláveis, esta compreende apenas uma parte deste processo que transforma o lixo sólido em novos materiais (CALDERONI, 2003).

Os programas de reciclagem têm um papel social muito importante, a geração de empregos. A mão de obra com menos qualificação é utilizada para recuperar os materiais que podem ser reprocessados, diminuindo significativamente o volume de resíduo a ser tratado e recuperando materiais de valor (VALLE, 2000).

## **2.5 Legislação sobre resíduos industriais**

### **2.5.1 Lei 12.305/10**

A Lei 12.305/10 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aplicável às pessoas físicas e/ou jurídicas, de direito público ou privado, sendo responsáveis diretos ou indiretos pela geração dos resíduos sólidos (Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010).

Dentre os resíduos sólidos estão inclusos os resíduos perigosos, apenas os rejeitos radioativos não são regulados por esta lei (Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010).

A política dos resíduos completou três anos no Brasil e mudou as regras para destinação dos resíduos no país, englobando todas as indústrias. Para algumas empresas, que ainda não descobriram os benefícios da correta gestão de resíduos, continua sendo mais fácil e barato desperdiçar (PAÍS..., 2014).

Na PNRS foi implantada a responsabilidade compartilhada, ou seja, a logística reversa, na qual responsabiliza-se cada vez mais as instituições privadas por tudo que geram, deixando assim de ser uma responsabilidade pública todo material residual gerado nas indústrias (BARTHOLOMEU; CAIXETA-FILHO, 2011).

Art. 3º - XII – logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos

produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (LEI 12.305 DE 02 DE AGOSTO DE 2010, texto digital).

Para orientar o manejo da geração do resíduo até a coleta, a PNRS prevê, nos seus artigos, os princípios, objetivos, instrumentos para um gerenciamento dos resíduos sólidos eficazes. Os geradores de resíduos, pessoas físicas, instituições públicas ou privadas, são os responsáveis pelos resíduos gerados (MARCHESI, 2013).

#### Seção II – Da Responsabilidade Compartilhada

Art. 30. É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos nesta Seção (LEI 12.305 DE 02 DE AGOSTO DE 2010, texto digital).

No artigo 33 estão relacionados os seis resíduos sólidos que fazem parte da obrigatoriedade da logística reversa. São todos residuais, com impacto ambiental e à saúde da população, que devem ser devolvidos ao fabricante ou encaminhados para disposição final ambientalmente adequada. Consideram-se os agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, pilhas e baterias, pneus, os óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagem, as lâmpadas fluorescentes, de vapor de mercúrio ou sódio e de luz mista e os produtos eletroeletrônicos e seus componentes (LEI nº 12.305, 2010).

Art. 37. A instalação e o funcionamento de empreendimento ou atividade que gere ou opere com resíduos perigosos somente podem ser autorizados ou licenciados pelas autoridades competentes se o responsável comprovar, no mínimo, capacidade técnica e econômica, além de condições para prover os cuidados necessários ao gerenciamento desses resíduos (LEI 12.305 DE 02 DE AGOSTO DE 2010, texto digital).

Quem operar com resíduos perigosos, segundo artigo 38 da Lei 12.305/10, deve, em qualquer etapa do gerenciamento, ser obrigatoriamente cadastrado no Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos (LEI 12.305, 2010).

### **2.5.2 Lei Nº 9.921, de 27 de julho de 1993**

A lei nº 9.921/93 dispõe sobre a gestão de resíduos no estado do Rio Grande do Sul, falando das responsabilidades de toda a sociedade para com os resíduos gerados.

Os resíduos industriais no estado do Rio Grande do Sul são de responsabilidade das empresas e não podem ser recolhidos pelo município (LAJEADO, PREFEITURA MUNICIPAL, 2014).

Art. 8º - A coleta, o transporte, o tratamento, o processamento e a destinação final dos resíduos sólidos de estabelecimentos industriais, comerciais e de Prestação de serviços, inclusive de saúde, são de responsabilidade da fonte geradora independentemente da contratação de terceiros, de direito público ou privado, para execução de uma ou mais dessas atividades (V.L. 10.099/94) (LEI Nº 9.921, DE 27 DE JULHO DE 1993, texto digital).

### **2.5.3 Norma NBR 10004/2004**

A norma da ABNT 10004/2004 Resíduos Sólidos – Classificação estabelece os critérios de classificação, bem como a codificação de identificação conforme as características do resíduo (NBR, 2004).

A NBR 10004/2004 classifica os resíduos em duas classes, a classe I ou resíduos perigosos ou como classe II, os não perigosos, sendo os resíduos perigosos todos que são potencialmente prejudiciais ao homem e ao meio ambiente (BARTHOLOMEU; CAIXETA-FILHO, 2011).

A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido (ABNT NBR 10004, 2004, texto digital).

## 2.6 Solvente refinado C<sub>6</sub>C<sub>8</sub>

O solvente comercialmente vendido como refinado C<sub>6</sub>C<sub>8</sub> ou *n-hexano* e *metilciclopentano*, é um líquido inflamável, com fórmula molecular não definida, pois é composto por frações do petróleo de 6 a 8 carbonos, vendido também com os nomes sinônimos de solvente para borracha, benzina, nafta, nafta leve, solução desengraxante, corte C<sub>6</sub>C<sub>8</sub> e solvente nº 1 (RAUTER QUÍMICA, BOLETIM TÉCNICO, 2011).

Utilizado na indústria como agente desengordurante e como diluente para tintas. Sua aplicação está na produção de thinner, removedores e desengraxantes (FICHA DE EMERGÊNCIA BRENNTAG, 2014).

O ponto de ebulição deste solvente é de 55 °C ou 760 mmHg, com densidade específica de 0,72 a 20 °C, intermediária à gasolina e o óleo diesel (RAUTER QUÍMICA, BOLETIM TÉCNICO, 2011).

O solvente refinado C<sub>6</sub>C<sub>8</sub> é um líquido inflamável. Sempre que exposto a chamas ou fontes de calor; em contato com fontes oxidantes e com o aumento da pressão interna pode explodir (FICHA DE EMERGÊNCIA BRENNTAG, 2014).

Nocivo e inflamável, este solvente é moderadamente tóxico por inalação ou ingestão, irritante em contato com a pele e extremamente irritante aos olhos. Em altas concentrações pode influenciar no sistema nervoso central (FISPQ - Ficha de Informação de Segurança do Produto - COPESUL 2002).

O manuseio do solvente deve ser feito com o uso dos equipamentos de proteção individual (EPI) resistentes ao solvente. São essenciais o uso de luvas de proteção (PVC), assim como roupas de PVC (avental e bota), óculos herméticos contra respingos para os olhos e proteção respiratória (semi-máscara com filtro químico). Como este produto é prejudicial para saúde do homem, causa danos no sistema nervoso central por exposições repetidas e prolongas e pode causar danos no fígado, à fertilidade ou ao feto, no sistema cardiovascular, irritações respiratórias e oculares sérias; é cancerígeno. É também um perigo ambiental, tóxico para a vida aquática (FISPQ RAUTER, 2011).

Na área de manuseio deste refinado  $C_6C_8$  é necessária uma ventilação adequada, que permita a troca de ar suficiente. Deve ser mantido afastado do calor e faíscas. Os resíduos deste produto devem ser removidos conforme as leis federais, estaduais e locais. A preferência é por destinar para empresas licenciadas de gerenciamento de resíduos para a incineração (FISPQ RAUTER, 2011).

## **2.7 Destilação**

O processo de separação ou purificação de líquidos por vaporização e posterior condensação é uma antiga atividade do homem que ainda é muito utilizada. Alambique e retorta foram antigos destiladores utilizados por alquimistas na Idade Média (ZUBRICK, 2005).

Palavra originária do latim, destilar significa gotejar. Etapa final do processo, na qual o líquido destilado, que ao passar pela etapa de condensação, goteja para dentro de um recipiente adequado para coleta (FERREIRA, 2005).

O processo de vaporizar um líquido, posteriormente condensar este vapor gerado e coletar este condensado em um recipiente diferente de onde se encontra o líquido consiste na destilação. Há quatro métodos de destilação: destilação simples, destilação fracionada, destilação a vácuo e destilação com vapor (PAVIA et al., 2009).

A destilação simples é uma técnica utilizada para separar líquidos com ponto de ebulição inferior a  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a 1 atm, e os dois líquidos devem ser imiscíveis. A destilação a vácuo é utilizada para separar dois líquidos miscíveis, sendo que um entra em ebulição acima de  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a 1 atm de pressão. No processo de destilação fracionada, separa-se uma mistura de líquidos miscíveis que entram em ebulição com diferença inferior a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre si; e, a destilação por arraste de vapor é aquela na qual a substância não precisa ser líquida e tem uma solubilidade mínima em relação à água e até mesmo insolúvel em alguns casos. Técnica utilizada para extração de óleos, alcatrão e demais substâncias nestas características (ZUBRICK, 2005).



Trabalhos acadêmicos mostram que na recuperação de solventes utiliza-se muito a técnica de destilação para separação e recuperação. A indústria de extração de óleo de soja tem uma grande preocupação e necessidade, para otimizar os custos, na recuperação do solvente *hexano*. Nesta indústria, a busca por constante aperfeiçoamento na redução do desperdício do solvente e a preocupação ambiental não esgotam (GUARIENTI et al., 2012).

Diversas pesquisas apontam a busca por recuperação de solventes até pouco tempo considerados apenas resíduos. A destilação tem sido um processo aliado nestas situações de interesse econômico e ambiental (GUARIENTI et al., 2012; RIBEIRO et al., 2006; YUSO et al., 2013; CHAKRABORTY et al., 2014).

### **2.7.1 Destilação Simples e Fracionada**

Existem diferentes tipos de destilação, sendo a destilação simples ou diferencial a técnica mais simples de um processo de vaporização de um líquido (PAVIA et al., 2009).

São seis peças de vidraria que compõem uma destilação simples, o balão de destilação, a cabeça de destilação, o adaptador do termômetro, o condensador da água, e adaptador de vácuo e o balão de coleta. Normalmente o aquecimento é realizado por uma manta (PAVIA et al., 2009).

Utiliza-se para separação de líquidos que entram em ebulição abaixo de 150 °C, na pressão de 1 atm, sendo que os dois líquidos devem ser miscíveis (ZUBRICK, 2005).

Também existe a destilação fracionada, na qual obtém-se as frações puras de um solvente, com separação melhor que a obtida por uma destilação simples (PAVIA et al., 2009).

A destilação fracionada é utilizada quando a diferença da temperatura de ebulição entre os dois líquidos miscíveis é inferior a 25 °C (ZUBRICK, 2005).

## 2.8 ISO 14001

Um sistema de gestão ambiental internacionalmente reconhecido, que especifica um processo para melhorar e controlar o desempenho ambiental de uma organização, o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) deve garantir a rentabilidade e a redução do impacto ambiental para uma instituição (BSI BRASIL, 2014).

A norma ISO 14000 certifica uma empresa de que ela possui um SGA efetivo. A norma é um importante aliado para as organizações certificadas, pois permite negociações com mercados que estão amplamente preocupados com o meio ambiente e a preservação dos recursos naturais. A certificação permite às organizações uma vantagem nas negociações comerciais internacionais (NASCIMENTO; POLLEDNA, 2002).

A primeira edição da norma 14001 é de 1996 e a segunda edição, revisada, é de 2004. Esta norma pode ser empregada nas diversas empresas e mercados e é uma prática que permite precaver e evitar problemas ambientais (DNVGL, 2014).

A norma implantada em uma empresa não garante resultados satisfatórios se as técnicas de gestão ambiental não forem economicamente viáveis, com custo/benefício consolidado (ABNT NBR 14001, 2004).

A gestão de desempenho ambiental requer um comprometimento de todos os níveis hierárquicos de uma instituição, iniciando com os membros da alta direção, para depois aplicar as medidas adequadas e procedimentos pertinentes à gestão ambiental que visam controlar e reduzir os impactos causados pela indústria sobre o meio ambiente (VALLE, 2000).

A implementação de instruções de trabalho que permitem minimizar impactos ao meio ambiente em um processo produtivo contribuem para o gerenciamento das atividades que podem ter um desempenho ambiental (HAMMES, 2004).

O sistema ISO 14001 beneficia a curto e médio prazo o desempenho ambiental das empresas, através dos ganhos, ou seja, a entidade terá benefícios com a imagem, acesso a mercados restritos, mais liberdade nas atividades, diminuindo possibilidades de sanções públicas, racionalizar e até mesmo

economizar energia. Como consequência para o meio ambiente, também há variados benefícios, entre eles, a diminuição do consumo de matérias-primas, conservação dos recursos naturais, menor poluição e maior controle; e harmoniza empresa com o meio ambiente (HAMMES, 2004).

## **2.9 Programa 5S**

Um programa que visa à utilização plena do recurso principal da organização, a fim de proporcionar elevação na produtividade (VANTI, 1999).

A ferramenta permite consolidação no processo de gestão da qualidade que auxiliar na implantação de processos, assim como permite aumento na produtividade (PERTENCE; MELLEIRO, 2010).

Programa iniciado no Japão, surgiu com o princípio de garantir a qualidade e segurança dos profissionais, e possibilitar um desenvolvimento qualificado aos trabalhadores da indústria (COELHO, 1999).

Os 5 sentidos que compreendem o Programa 5S, Senso de utilização, ordenação, limpeza, saúde e autodisciplina são os propulsores da organização, redução de desperdícios e otimizações em uma empresa (VANTI, 1999).

Os resultados obtidos do programa são consequência de um programa bem implantado, que gera melhorias para o empregado, redução de acidentes, e também há melhora na produtividade e qualidade (SCHNEIDER, 2013).

## **2.10 A Indústria de Trocadores de Calor do Vale do Taquari**

Empresa atuante no mercado nacional desde 1987, iniciou suas atividades com a produção de serras manuais. Com o mercado em baixa e dificuldades econômicas, a alternativa foi buscar nova frente de atuação. A empresa passou a fabricar trocadores de calor (FAHL, 2012).

A empresa é provedora em solução em troca térmica e oferta ao mercado de refrigeração e ar-condicionado, aletados e evaporadores de ar forçado. Possui

padrão internacionalmente reconhecido na eficiência energética, monitorada por um sistema de gestão de qualidade, ISO 9001 (EMPRESA SERRAF, 2014).

### **2.10.1 Produção de Curvas e Conectores**

O processo produtivo da indústria de trocadores de calor passa por etapas de estampagem do alumínio para corte das aletas, confecção de cabeceiras e a partir de tubos de cobre, produz as curvas, conectores e bengalas. Algumas peças precisam (além dos itens descritos anteriormente) de capotas que passam pelo processo de corte, dobra, estampagem e furo (EMPRESA SERRAF, 2013).

As curvas são produzidas a partir de tubos de cobre que inicialmente passam por um processo de lubrificação, com a finalidade de coibir o rompimento do tubo de cobre no processo de moldagem, evitando assim a produção de um produto com vazamento. As curvas não podem seguir no processo com sujidades, rebarbas de cobre e cobertas por óleo. Atendendo a instruções de trabalho, as curvas são peneiradas e posteriormente encaminhadas para o tamboreamento, onde são mergulhadas no solvente refinado  $C_6C_8$  por um período de uma hora e depois são secas com pressão de ar e reservadas ao processo (EMPRESA SERRAF, 2013).

A confecção dos conectores também segue uma instrução de trabalho. Parte-se da escolha do tubo de cobre, corte dos coletores e capilares para posterior solda. Antes de moldar os conectores, os tubos de cobre devem ser lubrificados com a mesma intenção do processo de lubrificação na produção de curvas, permitindo menor desperdício e retrabalho. Quando o conector estiver pronto, deve ser mergulhado no solvente refinado e seco com pressão de ar comprimido (EMPRESA SERRAF, 2013).

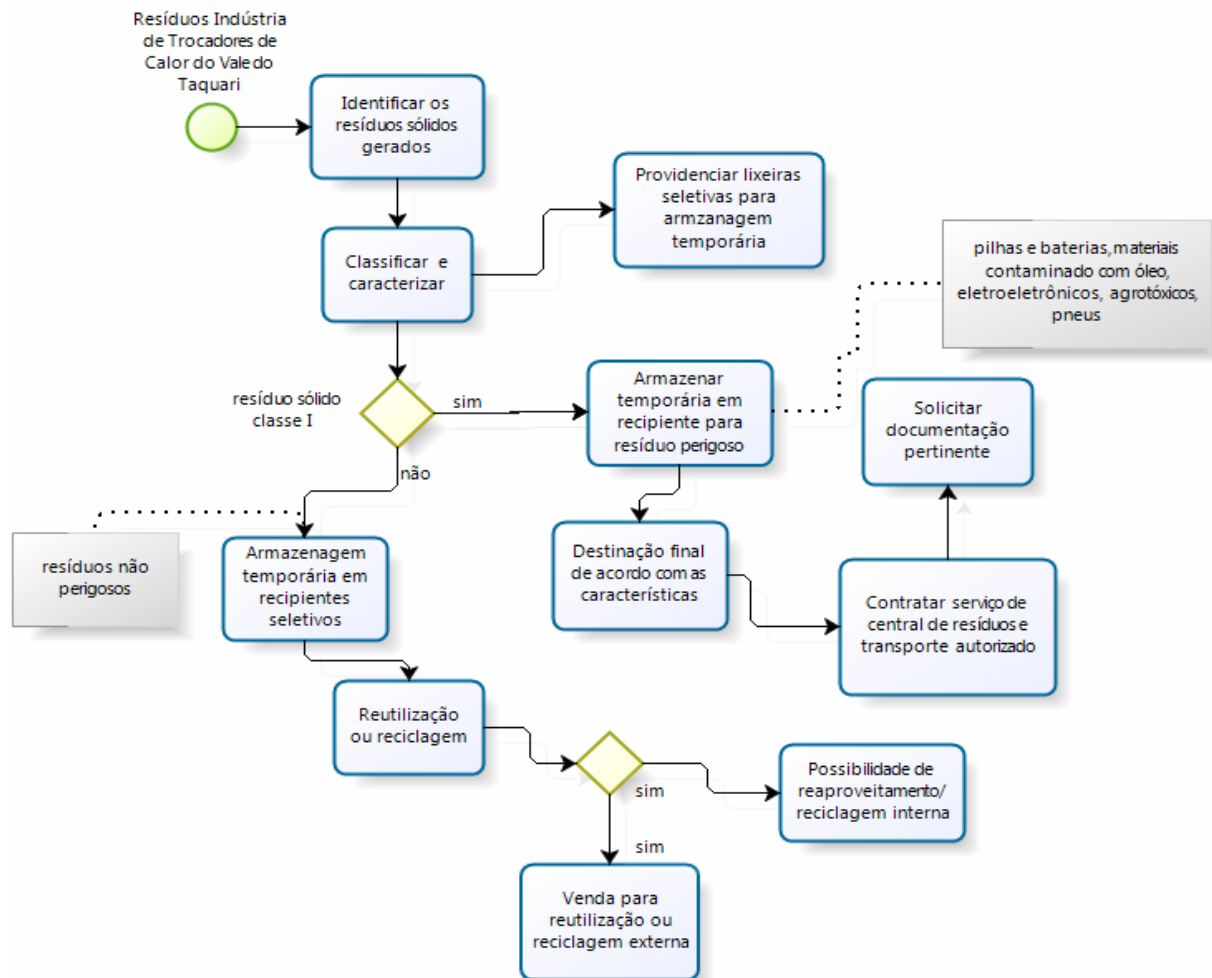
### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 Resíduos sólidos**

Os resíduos sólidos da empresa foram avaliados a partir de um levantamento qualitativo e quantitativo. A seguir fez-se uma proposta de coleta seletiva e buscou-se no mercado ambiental uma listagem de empresas credenciadas e autorizadas a transportar e depositar de forma correta os resíduos gerados pela indústria, administrando deste modo os resíduos sólidos. Os itens a seguir apresentam com maior riqueza de informações a metodologia aplicada para administrar os resíduos sólidos gerados pela indústria.

A Figura 1 evidencia as principais etapas para a elaboração da proposta de gerenciamento de resíduos sólidos.

Figura 1 - Fluxograma das principais etapas para gerenciamento de resíduos sólidos de uma Indústria de Trocadores de Calor do Vale do Taquari



Fonte: Do autor, 2014

### 3.1.1 Classificação dos resíduos sólidos

A partir da identificação do que é gerado de resíduo sólido pela indústria, foi possível classificar os resíduos sólidos com base nas legislações 12.305/2004, 99921/1993 e NBR 10004:2004.

### **3.1.2 Coleta Seletiva**

Diante da classificação e reconhecimento dos resíduos, idealizou-se a separação já na fonte geradora. Para tanto, a ideia foi dispor lixeiras seletivas coloridas nos espaços pertinentes. Buscou-se a autorização para a aquisição das lixeiras seletivas. Fez-se também o reaproveitamento de alguns coletores já existentes na empresa, adequando-os.

Para facilitar a comunicação, visualização e o descarte correto, foi implantado o sistema de coletores coloridos, seguindo uma comunicação internacional, onde cada cor representa uma classe de resíduo. Também foi realizada a conscientização dos profissionais a partir de treinamentos, murais, *folders*, *e-mails*, sendo o Programa 5S o meio para a avaliação de eficácia da coleta seletiva.

### **3.1.3 Logística Reversa**

Todos os resíduos sólidos pertencentes à classe dos resíduos com impacto ambiental e à saúde da população são instituídos por lei como resíduos de responsabilidade compartilhada. Estes foram identificados e fez-se contato com empresas capacitadas a transportarem e receberem estes produtos, evidenciando a partir de certificações e laudos a prática adequada de destinação.

### **3.1.4 Seleção de Central de Resíduos e Transportadora**

Foram classificadas empresas autorizadas a receberem os resíduos industriais, buscando seus referenciais, credenciais e conhecendo suas propostas. As transportadoras, da mesma forma, identificando sua autorização para transporte de materiais classificados como perigosos e todas as documentações pertinentes.

### **3.1.5 Recicladores**

Na comunidade local fez-se contato com recicladores interessados em recolher resíduos passíveis de reutilização e comercialização; também mantiveram-se os contatos já existentes, que já atendiam aos pré-requisitos de autorização e qualificação para trabalharem com os materiais recicláveis.

### **3.1.6 Descarte de resíduos sólidos**

Todos os resíduos sólidos gerados pela indústria serão descartados conforme Lei nº 12.305/10 - Política Nacional de Resíduos Sólidos e Lei Estadual 9.921/93.

## **3.2 Recuperação do Solvente refinado $C_6C_8$**

Foram destiladas amostras do solvente residual no Laboratório de Química Orgânica no Centro Universitário Univates. As amostras foram recolhidas em diferentes dias do processo produtivo da indústria de trocadores de calor do Vale do Taquari. O solvente residual foi previamente filtrado e, a seguir, destilado. Utilizou-se a manta de aquecimento Fisatom, série 585485, modelo 652 para os dois métodos de destilação aplicados.

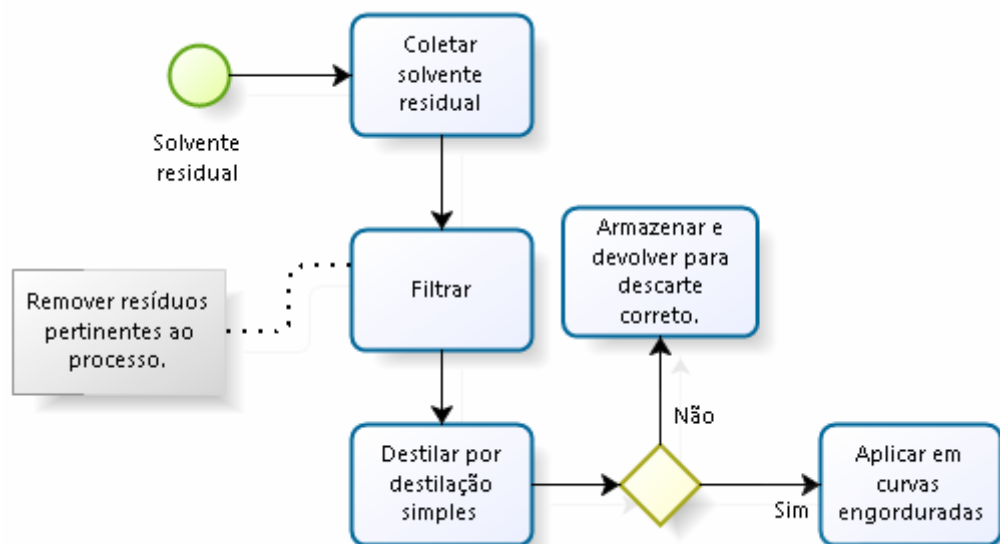
Os primeiros 20 litros passaram pelo processo de destilação fracionada e os demais 20 litros do solvente residual foram recuperados a partir da destilação simples. Posteriormente, as amostras de solvente resultantes dos processos de destilação foram aplicadas separadamente e em datas distintas, em peças de mesmo lote, engorduradas, seguindo as instruções de trabalho da indústria de trocadores de calor. Os itens a seguir contemplam os métodos aplicados para recuperação do solvente refinado  $C_6C_8$  residual, bem como avaliação da eficácia do solvente recuperado aplicado no processo produtivo.



### 3.2.1 Processo de Recuperação do solvente

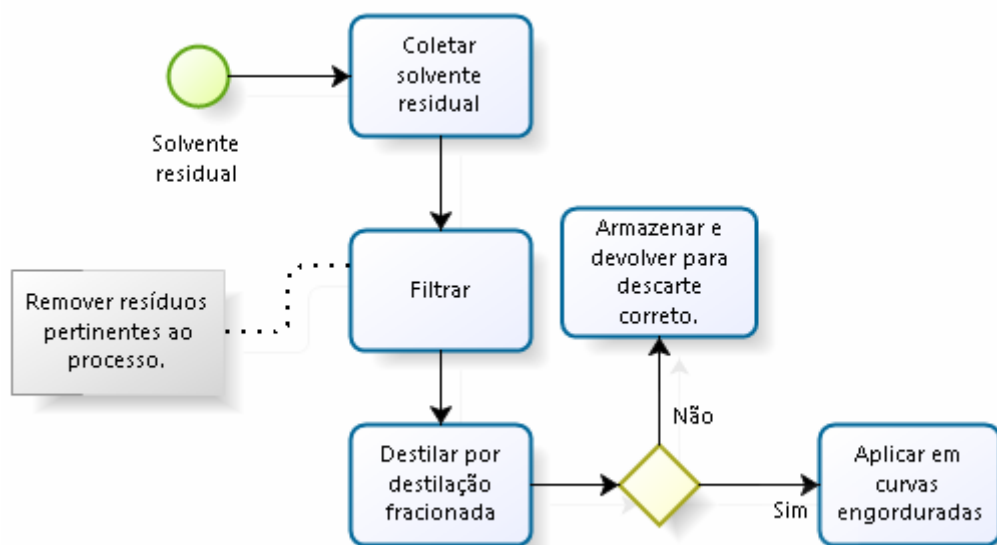
O solvente refinado  $C_6C_8$  residual foi exposto a dois diferentes métodos de recuperação: um, por meio de uma destilação simples, que segue o processo apresentado na Figura 2; já a Figura 3 compreende o processo de recuperação do solvente refinado  $C_6C_8$  a partir de uma destilação fracionada.

Figura 2 - Fluxograma do processo de recuperação do solvente refinado  $C_6C_8$  por destilação simples.



Fonte: Do autor, 2014

Figura 3 - Fluxograma do processo de recuperação do solvente refinado  $C_6C_8$  por destilação fracionada.



Fonte: Do autor, 2014

### 3.3 Avaliação do solvente destilado

Após o solvente ser recuperado, mergulharam-se as curvas engorduradas (devido ao processo de moldagem dos tubos de cobre) no solvente refinado  $C_6C_8$  recuperado, verificando a sua eficácia. Também se avaliou o volume de curvas limpas.

A fim de comparação do poder desgordurante, foram mergulhadas a mesma quantidade de curvas em uma amostra de solvente íntegro, que ainda não passou pelo processo produtivo. Então, além da capacidade de limpeza, verificou-se o volume de peças limpas por 20 litros de solvente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através das propostas de metodologia, aplicou-se a recuperação e reutilização do solvente, bem como se propôs um gerenciamento dos resíduos sólidos.

### 4.1 Recuperação do Solvente

A recuperação do solvente refinado  $C_6C_8$  foi proposta com o intuito de obter um solvente com o mesmo poder desengordurante do produto comercial aplicado na indústria; e, assim, diminuir os custos relacionados à compra deste material, reduzir desperdícios e diminuir impactos ambientais.

Para recuperar o solvente refinado  $C_6C_8$  residual, decorrente do procedimento habitual do processo produtivo da indústria de trocadores de calor, as amostras foram submetidas a duas formas de destilação: fracionada e simples.

A aplicação de dois métodos distintos de recuperação do solvente permitiu a verificação do ponto de ebulição do solvente, a confirmação das frações presentes (a partir de um controle mais rigoroso com as temperaturas), o tempo de destilação e o percentual de recuperação em cada método.

Avaliando as destilações, pode-se afirmar que a diferença nos métodos não influenciou na temperatura média de ebulição, que ficou em torno de 61,5 °C na destilação fracionada e 60,5 °C na destilação simples. Já para o solvente comercial, obteve-se um ponto de ebulição de 61 °C. Os laudos técnicos, de diferentes

fornecedores, apresentam o ponto de ebulição para este solvente de 55 °C. Avaliando as temperaturas de ebulição encontradas em relação à apresentada nas fichas técnicas, pode-se afirmar que há divergência entre os valores. Os valores de ebulição encontrados indicam uma diminuição dos riscos de contaminação por inalação em dias de altas temperaturas, o que é favorável ao processo produtivo.

O tempo foi uma variável significativa nos diferentes métodos de recuperação do solvente. No primeiro dia de destilação fracionada, a verificação constante da temperatura e do controle da temperatura da manta de aquecimento. Foram necessárias 11 horas e 30 minutos para destilar 8 litros de solvente. Neste dia o controlador foi mantido por 5 horas na temperatura 3, por mais 6 horas na temperatura 4 e por 30 minutos na temperatura 6. Desta forma, foi possível a recuperação de 7,588 litros de solvente, o equivalente a 94,85%.

No segundo dia, dando sequência à destilação fracionada, sem a preocupação de acompanhamento constante das frações recuperadas, iniciou-se a destilação com o controlador na temperatura 4, a qual foi mantida por aproximadamente 4 horas. Quando as frações mais pesadas surgiram, a temperatura do controlador foi alterada para 6, seguindo com a destilação por mais uma hora. Nestas 5 horas foram destilados mais 8 litros de solvente, sendo possível recuperar 94,06%, o equivalente a 7,525 litros de solvente.

No terceiro dia foram destilados os 4 litros restantes, sendo recuperados 3,828 litros, o equivalente a 95,70%. Foram necessárias 3 horas, com o controlador nas temperaturas 4 e 6. Pelo método da destilação fracionada foi possível recuperar 18,941 litros, equivalente a 94,70% em um tempo total de 19:30 horas.

Na destilação simples verificou-se apenas o ponto de ebulição. Já os controles de temperatura serviram para verificar se o solvente atingia temperaturas similares às alcançadas na destilação fracionada. Por este método foi possível recuperar 92,31% do solvente. O tempo para recuperação destes 18,462 litros foi de 8:30 horas, com as temperaturas do controlador da manta de aquecimento mantidas inicialmente em 4; e, para recuperar as frações mais pesadas do solvente, em 6.

Além da diferença significativa de tempos médios de recuperação do solvente entre os métodos de destilação utilizados, houve uma diferença na média percentual

de recuperação do solvente menos significativa (de apenas 2,52%). A média da recuperação a partir da destilação fracionada foi de 94,70% e na destilação simples obteve-se uma recuperação ligeiramente inferior (de 92,31%) para o solvente destilado a partir deste método.

Os resultados encontrados para recuperação do solvente destilado estão evidenciados na Tabela 1.

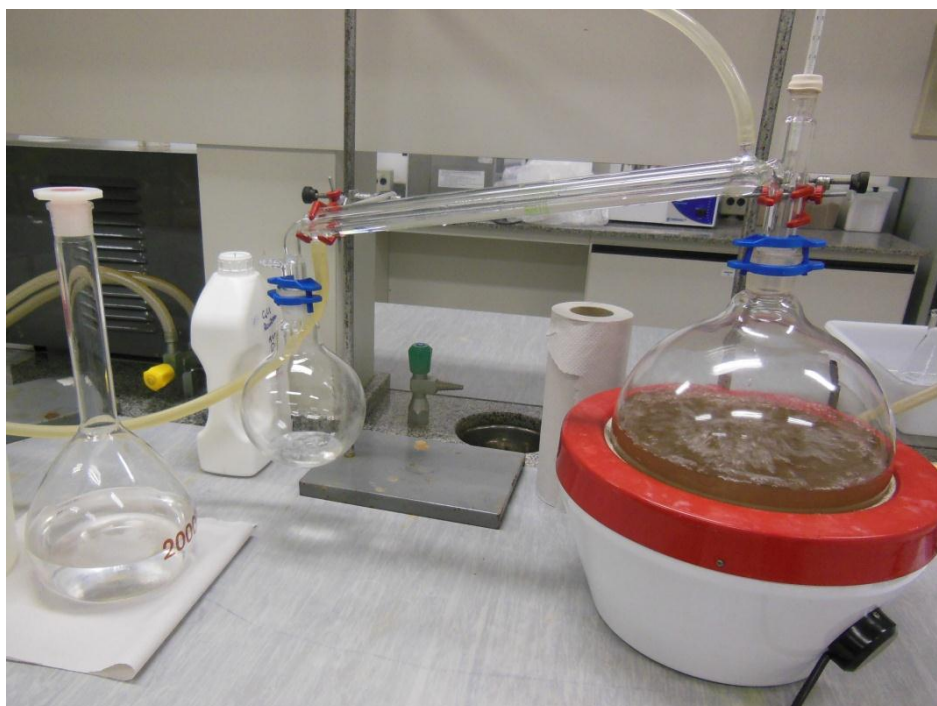
Tabela 1 - Resumos dos resultados das destilações fracionada e simples

	Destilação simples	Destilação fracionada	Solvente refinado $C_6C_8$ Comercial
Tempo de destilação (h)	08:30	19:30	—
Volume recuperado (l)	18,462	18,941	—
Recuperação (%)	92,31	94,70	—
Ponto de ebulição ( $^{\circ}C$ )	60,5	61,5	61

Fonte: Do autor, 2014

As Figuras 4 e 5 apresentam os diferentes métodos de destilação aplicados para recuperação do solvente refinado  $C_6C_8$ . Nas Figuras 6 e 7 é possível evidenciar a presença de resíduos no solvente residual do processo industrial.

Figura 4 - Destilação Simples aplicada ao solvente residual refinado  $C_6C_8$



Fonte: Do autor, 2014

Figura 5 - Destilação Fracionada aplicada ao solvente residual refinado  $C_6C_8$



Fonte: Do autor, 2014

Figura 6 - Filtragem do solvente residual



Fonte: Do autor, 2014



Figura 7 - Filtro sujo decorrente do processo de filtração do solvente refinado  $C_6C_8$  residual



Fonte: Do autor, 2014

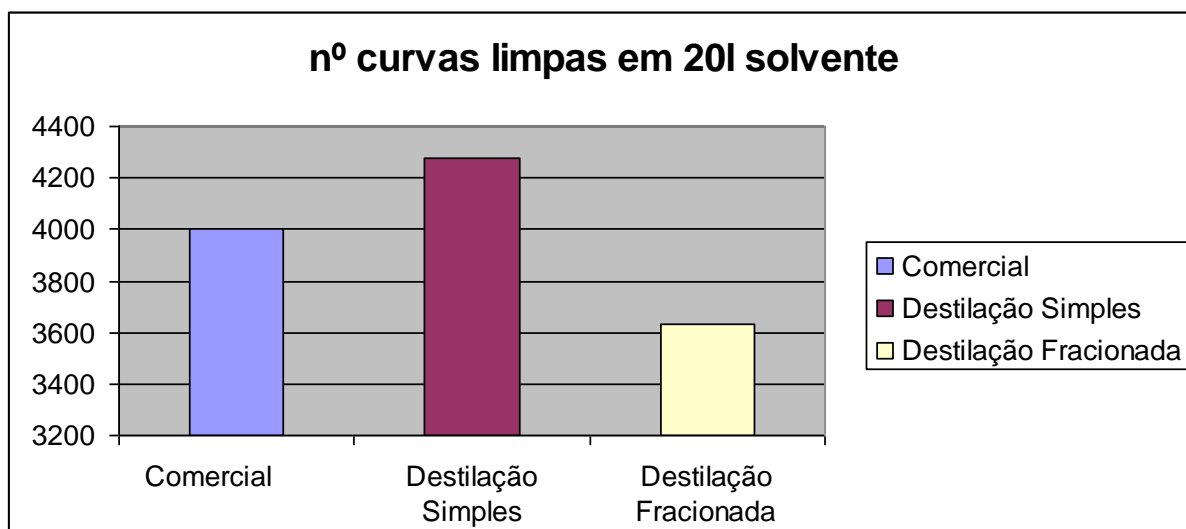
Depois do solvente ser recuperado pelos dois métodos propostos, foi aplicado separadamente no processo produtivo de limpeza das curvas, sendo comparado ao rendimento e qualidade de desengorduramento do solvente comercial.

Aplicando o solvente comercial conforme as instruções de trabalho, com 20 litros foi possível realizar a limpeza de 4000 curvas. Com o volume de 18,941 litros de solvente destilado, obtido a partir do método de destilação fracionada, foi possível realizar a limpeza de 3439 curvas e, ao aplicar o volume do solvente recuperado a partir da destilação simples, foi possível limpar 3947 curvas.

Ao confrontar os percentuais de eficiência dos solventes recuperados em relação ao solvente comercial, observou-se que, a partir do solvente obtido da destilação fracionada, a eficácia de limpeza das curvas foi de 90,78% e para o solvente destilado pelo método de destilação simples, obteve-se um rendimento superior, de 106,90%, quando aplicado no processo de limpeza das curvas.

O Gráfico 1 apresenta o número de curvas limpas por 20 litros de solvente comercial, bem como por 20 litros de solvente recuperado por cada um dos métodos de destilação aplicados.

Gráfico 1 - Número de curvas limpas em 20 litros de solvente (comercial, recuperado por destilação fracionada e recuperado por destilação simples)



Fonte: Do autor, 2014

Na aplicação do solvente destilado, tanto pelo método de destilação simples quanto ao submetido à destilação fracionada, pode-se observar que o poder de limpeza das curvas foi tão eficaz quanto ao aplicar o solvente convencional ao processo. A diferença no número de curvas limpas em cada etapa pode estar relacionada ao processo ser manual, que possibilita estas divergências. Ao analisar o desengorduramento das curvas não foi possível detectar diferenças significativas.

A partir de testes de solda das curvas foi possível afirmar que a limpeza foi adequada, pois não obtiveram dificuldades no processo. A partir de testes visuais e de contato, também foi possível evidenciar a limpeza das curvas aplicadas no solvente destilado. Na Figura 8 é possível verificar as curvas antes de serem aplicadas no solvente, ainda engorduradas. Já a Figura 9 apresenta as curvas banhadas no solvente destilado, recuperado a partir de uma destilação fracionada; e as curvas apresentadas na Figura 10 são as curvas que passaram pelo banho do solvente recuperado pelo método de destilação simples. Na Figura 11 as curvas limpas são resultantes do processo produtivo, com aplicação do solvente comercial.



Figura 8 - Curvas engorduradas do processo de moldagem do cobre para obtenção das curvas.



Fonte: Do autor, 2014

Figura 9 - Curvas limpas com solvente recuperado pelo método de destilação fracionada



Fonte: Do autor, 2014



Figura 10 - Curvas limpas com solvente recuperado pelo método de destilação simples



Fonte: Do autor, 2014

Figura 11 - Curvas limpas com solvente refinado  $C_6C_8$  comercial



Fonte: Do autor, 2014



O aspecto do solvente comercial e destilado (pelos dois métodos) é visualmente igual, conforme é possível verificar na Figura 12.

Figura 12 - Solvente comercial (D) e solvente destilado (E)



Fonte: Do autor, 2014

#### **4.2 Análise financeira de recuperação do solvente**

O solvente refinado  $C_6C_8$  recuperado é atualmente um resíduo líquido para a Indústria de Trocadores de Calor, que gera mensalmente um montante aproximado de 400 litros, o que equivale aproximadamente a 50% do volume adquirido pela empresa mensalmente.

O valor comercial do solvente refinado  $C_6C_8$  está em R\$ 4,00 o litro. Atualmente, o resíduo do solvente é comercializado com um valor simbólico de R\$ 0,15 centavos o litro para uma outra indústria autorizada a fazer seu transporte e utilização, garantindo à indústria uma redução com os custos de gerenciamento deste resíduo e, principalmente, garantido um menor risco ambiental.

Existem, no mercado, destiladores industriais capazes de recuperar o solvente já utilizado no processo produtivo. São equipamentos com custo elevado, porém permitem que a indústria tenha uma redução de custos com a compra do solvente comercial e, conseqüentemente, redução significativa do impacto ambiental gerado pela empresa (GOUVEIA, 2012).

## **5 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Para elaborar e solidificar um gerenciamento de resíduos sólidos em uma indústria é primordial conhecer os resíduos gerados e seus volumes, para então planejar um descarte correto.

### **5.1 Reconhecimento**

Realizou-se uma triagem dos resíduos obtidos no processo produtivo, refeitório, administrativo a fim de organizar a gestão dos resíduos sólidos. Esta triagem corresponde à primeira etapa do gerenciamento, onde se faz necessária a participação intensa dos profissionais da limpeza, refeitório, encarregados e supervisor de produção, responsáveis por coleta e armazenamento dos resíduos, auxiliar de logística, direção, segurança do trabalho, almoxarife e analista administrativo, com a finalidade de especificar os resíduos, conhecer o comportamento de cada área e relacionar os descartes gerados no cotidiano.

Elencados os resíduos para verificação da destinação correta, faz-se necessário pensar em coletores seletivos para a coleta adequada dentro dos processos da empresa, assim como uma campanha de conscientização da coleta seletiva.

## 5.2 Campanha de coleta seletiva

Utilizando-se de um programa de melhoramento comportamental (o Programa 5S), foi possível avaliar a eficácia da coleta seletiva e seu desempenho a partir da implantação simples, com campanhas, avisos nos murais, correspondências via *e-mails*, coletores coloridos, treinamentos e identificações.

A separação dos resíduos nos espaços da empresa é controlada e confirmada a partir das auditorias do Programa 5S, onde são avaliadas as condições de realização, bem como o cumprimento da reciclagem.

Foram determinadas notas, em uma escala de 0 a 10, sendo apenas 9 e 10 notas consideradas satisfatórias. Para avaliar e divulgar as notas foi utilizado um plano de ação, onde os pontos não favoráveis são apresentados e os envolvidos devem propor melhorias, acertando prazos de realização juntamente com os responsáveis pela ação.

Os profissionais dos serviços gerais e os responsáveis pela logística obtiveram um acompanhamento especial, com caráter de ensinamentos e treinamentos mais específicos, para que o processo seja cumprido.

A Figura 13 apresenta um dos meios utilizados para divulgar a coleta seletiva. As Figuras 14, 15 e 16 apresentam os diversos coletores dispostos para facilitar o processo de seleção dos resíduos gerados.

Figura 13 - Divulgação da Campanha Coleta Seletiva em murais



Fonte: Do autor, 2014

Figura 14 - Coletores seletivos específicos para refeitório



Fonte: Do autor, 2014

Figura 15 - Coletor para pilhas e baterias



Fonte: Do autor, 2014

Figura 16 - Coletores seletivos coloridos



Fonte: Do autor, 2014



### **5.3 Central de resíduos**

Determinar um espaço de armazenamento adequado, que comporte os resíduos, também foi fundamental, pois a central de resíduos tornou-se o ponto de referência e destinação para todos os resíduos gerados pela indústria. Os espaços da central de resíduo foram identificados, conforme resíduo, avaliando a necessidade de proteção às intempéries do tempo, mantendo os espaços limpos e dignos para operação.

### **5.4 Destinação**

Destinar os resíduos, respondendo às legislações vigentes, exige profissionais qualificados no recolhimento, transporte e destino.

Os transportadores orçados são qualificados e autorizados, com documentações pertinentes em vigor, apresentando a licença de operação, a L.O, emitida pelos órgãos competentes aos licenciamentos ambientais.

Os recicladores, autorizados pelos órgãos locais, estão de acordo com as legislações para realização da coleta, armazenamento e destino dos materiais recicláveis, mediante apresentação de documentações atualizadas.

As centrais de recebimento analisadas e orçadas estão aptas, autorizadas a receber os resíduos, conforme leis 9.921/1993 e 12.305/2010.

Todas as propostas comerciais foram avaliadas considerando a adequação às leis, lembrando que todos os serviços ofertados devem apresentar os laudos e/ou certificações que comprovem a autoridade na realização das atividades, assim como a destinação adequada por parte da Indústria de Trocadores de Calor do Vale do Taquari.

Os resíduos sólidos classe I, ou perigosos, de acordo com a Lei 12.305 de 2010, estão respondendo ativamente à responsabilidade compartilhada e à destinação correta destes resíduos considerados de risco para a natureza.

## **6 CONCLUSÃO**

As corporações precisam atender as normativas e leis relacionadas ao meio ambiente, porém o mais importante é assegurar que os resíduos gerados pelas indústrias sejam encaminhados de forma segura, a partir de etapas concretas, evidenciadas por um gerenciamento norteador, elaborado a partir das características e volumes de resíduos gerados na planta industrial.

O sistema de gerenciamento, quando atende às especificidades da empresa, a partir das análises, preposições, plano de ação, controle das avaliações e aperfeiçoamento constante, é eficaz.

As maiores dificuldades em gerenciar estes resíduos são a falta de conhecimento dos profissionais, a falta de interesse em realizar o proposto e até a carência de recursos que permitam participação.

Gerenciar os resíduos permite destinar de forma correta todo material residual gerado na indústria (em cumprimento das Leis 12.305/10 e Lei Estadual 9.921/93), sendo que a separação correta dos resíduos permite tratar, racionalizar recursos, facilitar a reciclagem e desenvolver práticas saudáveis para o meio ambiente.

De fato, toda preocupação ambiental é pertinente, pois garante menor degradação dos recursos naturais, diminui os efeitos poluentes. Sendo assim, corroborar com as legislações nacionais é um fator determinante na prática da gestão dos resíduos sólidos.

O solvente recuperado atingiu os objetivos propostos, ou seja, foi possível recuperá-lo sem perder sua propriedade desengordurante, comprovando-se a eficácia a partir de testes no processo produtivo. Não houve diferença significativa na eficiência de recuperação entre os dois métodos de destilação, bem como em relação ao poder de limpeza.

Com o acultramento e adesão de todos os profissionais da empresa, o plano de gerenciar os resíduos irá trazer diversos benefícios para instituição, como redução de custos, qualidade ambiental, criando hábitos favoráveis ao meio ambiente e aos profissionais, limpeza, segurança ambiental e produtividade.

Com as propostas do presente trabalho alcançadas, as duas atividades, recuperação do solvente e a gestão dos resíduos sólidos, serão pilstras importantes para o encaminhamento da implantação de um sistema de gestão ambiental.

Os objetivos propostos foram alcançados a partir da elaboração de uma gestão de resíduos e também pela recuperação do solvente refinado  $C_6C_8$  residual. O solvente destilado teve sua eficácia assegurada a partir dos resultados favoráveis na recuperação, bem como na aplicação no processo produtivo. O impacto na redução dos custos mensais com a aquisição do solvente comercial é intrínseco. Os aspectos referidos anteriormente têm força direta sobre meio ambiente, sendo que, de modo significativo, pode-se, com a aplicação das duas propostas, diminuir os danos ambientais, favorecendo a instituição em relação à diminuição de custos, controle das perdas e sistematização e redução dos impactos ambientais.

Este trabalho terá sua continuidade, sendo mantida a aplicação do sistema de gestão de resíduos na empresa.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14001**: sistemas da gestão ambiental – requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental empresarial**: conceitos, modelos e instrumentos. 2. ed. rev. atual. São Paulo: Saraiva, 2007.

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA-FILHO, José Vicente (Orgs.). **Logística ambiental de resíduos sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade; POVINELLI, Jurandyr. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC-USP, 1999.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 20 jun. 2014.

BRENNTAG. **Ficha de Emergência**. 2014.

BSI BRASIL. **Download de lâminas em PDF**. 2014. Disponível em: <<http://www.bsibrasil.com.br/publicacoes/download/index.asp?lamina=14001>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

CALDERONI, Sabetai. **Os bilhões perdidos no lixo**. 4. ed. São Paulo: Humanitas, 2003.

CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. Renda e evolução da geração *per capita* de resíduos sólidos no Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.**, [online], v. 17, n. 2, p. 171-180, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n2/a06v17n2>>. Acesso em: 12 ago. 2014.

CHAKRABORTY, Somsubhra et al. Analysis of petroleum contaminated soils by spectral modeling and purê response profile recovery of n-hexane. **Environmental Pollution**, v. 190, p. 10-18, jul., 2014. Disponível em: <[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleListURL&\\_method=list&\\_ArticleListID=631762595&\\_sort=r&\\_st=13&view=c&md5=181927d3756d2a316d93384e717b76f3&searchtype=a](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=631762595&_sort=r&_st=13&view=c&md5=181927d3756d2a316d93384e717b76f3&searchtype=a)>. Acesso em: 27 jul. 2014.

COELHO, Ana Iris Mendes et al. Programa 5S's adaptado ao gerenciamento da alimentação escolar no contexto da descentralização. **Rev. Nutr.**, [online], v. 12, n. 3, p. 289-302, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rn/v12n3/v12n3a08.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2014.

COPESUL. **Ficha de Informação de Segurança do Produto – FISPQ**. 2002.

DEMAJOROVIC, Jacques. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos as novas prioridades. **Rev. adm. empres.**, [online], v. 35, n. 3, p. 88-93, 1995. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n3/a10v35n3>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

DIAS, Leonice Seolin; GABRIEL FILHO, Luís Roberto Almeida; GUIMARAES, Raul Borges. Avaliação do impacto do programa de coleta seletiva de lixo na frequência de Calliphoridae e Muscidae em Tupã-SP. **Soc. nat.**, [online], v. 26, n. 1, p. 127-137, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/22762>>. Acesso em: 12 ago. 2014.

DNVGL. **Why management system certification?** 2014. Disponível em: <<http://www.dnvba.com/Global/certification/management-system>>. Acesso em: 22 ago. 2014.

EMPRESA SERRAF. **Manual da Qualidade**: sistema de gestão da qualidade Serraff. 2013.

\_\_\_\_\_. **Página oficial**. 2014. Disponível em: <<http://www.serraff.com.br/a-serraff/>>. Acesso em: 29 ago. 2014.

FAHL, Adriane. **Um estudo sobre atitudes e percepções gerenciais que impactam no comportamento exportador**: o caso da empresa Serraff Indústria de trocadores de calor. 2012. 113 f. Monografia (Habilitação em Comércio Exterior) - Curso de Administração com habilitação em Comércio Exterior, Centro Universitário Univates, Lajeado, RS, 2012.

FERREIRA, Alexandre de Andrade; AQUINO NETO, Francisco Radler de. A destilação simulada na indústria do petróleo. **Quím. Nova**, [online], v. 28, n. 3, p. 478-482, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v28n3/24139.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2014.

FONSECA, Sergio Azevedo; MARTINS, Paulo Sérgio. Gestão Ambiental: uma súplica do planeta, um desafio para políticas públicas incubadoras e pequenas empresas. **Produção**, v. 20, n. 4, p. 538-548, out./dez., 2010.

GOUVEIA, Roberta. **Destilação de Solventes**. 2012. Disponível em: <<http://mecanicaindustrial.com.br/conteudo/585-destilacao-de-solventes>>. Acesso em: 3 nov. 2014.

GUARIENTI, Patric et al. Perdas de matéria prima: um estudo de caso na indústria de óleo de soja. **Envangelista**, v. 14, n.1, p. 58-73, abr., 2012. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgep/nupep/wp-content/uploads/2011/12/Perdas-de-Materia-prima.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2014.

HAMMES, Valéria Sucena. **Agir: percepção da gestão ambiental**. São Paulo: Globo, 2004.

LAJEADO (Município) Prefeitura Municipal de Lajeado. **Coleta Seletiva**: fique atento ao dia de recolhimento do lixo seco no seu bairro. 2014. Disponível em: <[http://www.lajeado.rs.gov.br/home/pagina.asp?titulo=Coleta%20Seletiva&categoria=Meio%20Ambiente&codigoCategoria=967&imagemCategoria=SecretariaMeioAmbiente.jpg&INC=includes/show\\_texto.asp&conteudo=3188&servico=>](http://www.lajeado.rs.gov.br/home/pagina.asp?titulo=Coleta%20Seletiva&categoria=Meio%20Ambiente&codigoCategoria=967&imagemCategoria=SecretariaMeioAmbiente.jpg&INC=includes/show_texto.asp&conteudo=3188&servico=>)>. Acesso em: 01 ago. 2014.

LANA, Rogério de Paula. Uso racional de recursos naturais não-renováveis: aspectos biológicos, econômicos e ambientais. **Revista Bras. Zootec.**, [online], v. 38, p. 330-340, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v38nspe/v38nspea33.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2014.

LAYRARGUES, Philippe Pomier. Sistemas de gerenciamento ambiental, tecnologia limpa e consumidor verde: a delicada relação empresa-meio ambiente no ecocapitalismo. **Revista: RAE - Revista de Administração de Empresas**, v. 40, n. 2, 2000. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=155118191008>>. Acesso em: 10 out. 2014.

LEIPNITZ, Igor; SCHULTZ, Glaucio. **Gestão ambiental de resíduos sólidos: análise do processo de reaproveitamento do pneu**. 2004. 119 f. Monografia (Bacharel em Administração) - Curso de Administração, Centro Universitário Univates, Lajeado, RS, 2004.

MANO, Eloisa Biasotto; PACHECO, Élen B. A. V.; BONELLI, Cláudia M. C. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2012.

MARCHESE, Letícia de Quadros. **Logística reversa das embalagens e sua contribuição para a implantação da política nacional de resíduos sólidos**. 2013. 83 f. Dissertação da pesquisa - apresentado à Banca de Docentes do PPGAD - Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento, 2013.

NASCIMENTO, Luis Felipe; POLLEDNA, Silvia R. C. **O processo de implantação da ISO 14000 em empresas brasileiras**. 2002.

PAÍS e empresas só têm a lucrar com lei dos resíduos. **Revista Brasileira de Administração**, p. 32-35, jan./fev., 2014.

PAVIA, Donald L. et al. **Química orgânica experimental: técnicas de escala pequena**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

PEREIRA, André Luiz et al. **Logística reversa e sustentabilidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

PERTENCE, Poliana Prioste; MELLEIRO, Marta Maria. The implementation of a quality management tool at a University Hospital. **Rev. esc. enferm. USP**, [online], v. 44, n. 4, p. 1024-1031, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/reeusp/v44n4/en\\_24.pdf](http://www.scielo.br/pdf/reeusp/v44n4/en_24.pdf)>. Acesso em: 6 out. 2014.

RAUTER QUÍMICA. **Boletim Técnico**. 2011.

\_\_\_\_\_. **Ficha de Informação de Segurança do Produto – FISPQ**. 2011.

RIBEIRO, Ana Paula B. et al. Solvent recovery from soybean oil / hexane miscella by polymeric membranes. **Journal of Membrane Science**, v. 282, p. 328-336, out., 2006. Disponível em: <[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleListURL&\\_method=list&\\_ArticleListID=631762240&\\_sort=r&\\_st=13&view=c&md5=98cb221ad69a37f7703445c0f2918000&searchtype=a](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=631762240&_sort=r&_st=13&view=c&md5=98cb221ad69a37f7703445c0f2918000&searchtype=a)>. Acesso em: 27 jul. 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Lei Estadual nº 9.921, de 27 de julho de 1993. Dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos, nos termos do artigo 247, parágrafo 3º da Constituição do Estado e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mprs.mp.br/ambiente/legislacao/id479.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2014.

RODRIGUES, Tirzah; GRAVINA, Magda Brancher. **Administração de resíduos: estudo de caso em um supermercado do Vale do Taquari**. 2003. 63 f. Monografia (Especialização em Bases Ecológicas para Gestão Ambiental) - pós-graduação *Latu Sensu*, Centro Universitário Univates, RS, 2003.

RODRIGUES, Waldecy; SANTANA, Willian Cardoso. Análise econômica de sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos: o caso da coleta de lixo seletiva em Palmas, TO. **Rev. Bras. Gest. Urbana**, [online], v. 4, n. 2, p. 299-312, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-33692012000200011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-33692012000200011&script=sci_arttext)>. Acesso em: 12 ago. 2014

SCHNEIDER, Joel Luiz. **Propostas de melhorias nos processos em fábrica de artefatos de concreto sob a ótica do programa 8S**. 2013. 112 f. Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, na linha de formação específica do curso de Administração de Empresas, do Centro Universitário Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Administração - semestre 2013/B.

VALLE, Cyro Eyer do. **Como se preparar para as normas ISO 14000**: qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

VANTI, Nadia. Ambiente de qualidade em uma biblioteca universitária: aplicação do 5S e de um estilo participativo de administração. **Ci. Inf.** [online], v. 28, n. 3, p. 333-339, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v28n3/v28n3a11.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2014.

YUSO, Alicia Martinez de et al. Toluene and n-hexane adsorption and recovery behavior on activated carbons derived from almond Shell wastes. **Fuel Processing Technology**, v. 110, p. 1-7, jun., 2013. Disponível em: <[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleListURL&\\_method=list&\\_ArticleListID=-631762533&\\_sort=r&\\_st=13&view=c&md5=968914cca484dbcb5da776d768471cdc&searchtype=a](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=-631762533&_sort=r&_st=13&view=c&md5=968914cca484dbcb5da776d768471cdc&searchtype=a)>. Acesso em: 27 jul. 2014.

ZUBRICK, James W. **Manual de sobrevivência no laboratório de química orgânica**: guia de técnicas para o aluno. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.